

Д. В. Капский, В. Ю. Карпилович; заявитель Белорус. нац. техн. ун-т. – № u 20060833; заявл. 07.12.2006; опубл. 30.06.2007 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 3. – С. 230.

7. **Многофункциональные** секции светофоров / Д. В. Капский [и др.] // Reliability and Statistics in Transportation and Communication: Proceedings 6th International conference, Riga, Latvia, 25–28 October 2006 / Transport and Telecommunication Institute. – Riga, 2006. – P. 60–67.

8. **Технические** средства организации дорожного движения. Правила применения: СТБ 1300–2007. – Введ. 01.09.2007. – Минск: Госстандарт, Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2007. – 118 с.

9. **Капский, Д. В.** Повышение эффективности дорожного движения путем координированного регулирования с учетом трамвайного движения / Д. В. Капский // Сталий развiток мiст. Електричний транспорт – перспективи розвитку та кадрове забезпечення: матеріали Міжнар. наук.-практич. конф., присвячується 75-річчю кафедри електричного транспорту ХНАМГ, Харків, 1–3 жовтня 2009 р. /

Харківська національна академія міського господарства. – Харків, 2009. – С. 82–83.

10. **Капский, Д. В.** Анализ аварийности в зоне трамвайного движения / Д. В. Капский, А. А. Кустенко // Проблемы и перспективы развития Евроазиатских транспортных систем: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Челябинск, 12–13 мая 2009 г. / Южно-Уральский гос. ун-т; под ред. О. Н. Ларина, Ю. В. Рождественского. – Челябинск, 2009. – С. 172–176.

11. **Пересечение** дорог в одном уровне: пат. 9664 Респ. Беларусь, МПК (2006) E 01C 1/00 / Д. В. Капский; заявитель Белорус. нац. техн. ун-т. – № а 20031042; заявл. 13.11.2003; опубл. 30.08.2007 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 4. – С. 115–116.

12. **Методика** оценки эффективности внедрения мероприятий по организации дорожного движения: ДМД 02191.3.020–2009. – Введ. 01.11.2009. – Минск: ОНТИ РДУП «Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «БелдорНИИ», 2009. – 40 с.

Поступила 17.10.2012

УДК 629.331-049.7

НАДЕЖНОСТЬ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ АВТОБУСОВ СЕМЕЙСТВА МА3

Асн. БЕССАРАБ А. В.

Белорусский национальный технический университет

Обеспечение высокой надежности тормозных систем автомобилей в эксплуатации является одним из путей решения проблемы повышения безопасности движения. Снижение уровня безопасности автотранспортных средств в последнее время стало возможным из-за разукрупнения предприятий автомобильного транспорта и, как следствие, появления мелких перевозчиков, снижения контроля качества технического состояния автомобилей, ввоза из-за рубежа большого количества подержанных автомобилей, в том числе автобусов [1]. Все это способствует увеличению количества дорожно-транспортных происшествий, связанных с неудовлетворительным техническим состоянием транспортных средств, в результате чего растет число погибших и раненых.

В 2010 г. диагностическими станциями на территории Республики Беларусь проведено более 2101000 проверок технического состояния транспортных средств, по результатам которых выдано более 1600000 разрешений на их допуск к участию в дорожном движении [2]. В ходе проведения проверок технического состояния автотранспортных средств во всех областях страны было выявлено, что преобладающими неисправностями транспортных средств, оказывающими наибольшее влияние на безопасность дорожного движения, являются неисправности тормозной системы, рулевого управления и внешних световых приборов. Результаты проверки транспортных средств на 216 диагностических станциях показали, что более 22 % транспортных средств имели неис-

правности, с которыми запрещается их эксплуатация.

Общие итоги государственного технического осмотра автобусов МАЗ различной формы собственности за 2010 г. с учетом сроков нахождения их в эксплуатации выглядят следующим образом. Всего было представлено для проверки 13283 автобуса, по результатам первичной проверки исправными оказались 8036 единиц транспортных средств, а после устранения выявленных неисправностей количество автобусов, допущенных к участию в дорожном движении, составило 10076 единиц. В зависимости от сроков эксплуатации автобусов данные распределились следующим образом:

- менее 2 лет всего представлено 2454 единицы, по результатам первичной проверки исправными были 1918 транспортных средств, допущены к участию в дорожном движении 2142 автобуса;

- от 2 до 5 лет – 6781 единица, исправны по результатам первичной проверки 4294 транспортных средства, допущены к участию в дорожном движении 5280 автобусов;

- от 5 до 10 лет – 2987 единиц, исправны по результатам первичной проверки 1397 транспортных средств, допущены к участию в дорожном движении 2006 автобусов;

- от 10 до 15 лет – 1014 единиц, исправно по результатам первичной проверки 401 транспортное средство, допущены к участию в дорожном движении 615 автобусов;

- от 15 до 20 лет – 6 единиц, исправны по результатам первичной проверки 4 транспортных средства, допущены к участию в дорожном движении 5 автобусов;

- свыше 20 лет – 41 единица, исправны по результатам первичной проверки 22 транспортных средства, допущены к участию в дорожном движении 28 автобусов.

Приведенные данные наиболее полно свидетельствуют о том, что при прохождении государственного технического осмотра по результатам первичной проверки технического состояния автобусов марки МАЗ, находящихся в эксплуатации менее 2 лет, исправными являются более 76 %. Однако с увеличением времени нахождения транспортных средств в эксплуатации, по результатам первичной проверки

технического состояния, уменьшается количество исправных автобусов. Так, при эксплуатации от 2 до 5 лет исправными являются 64,4 % представленных автобусов, от 5 до 10 лет – лишь 46,1 %, а при эксплуатации от 10 до 15 лет – только 39,7 %. У автобусов, находящихся в эксплуатации более 20 лет, этот показатель составляет 53,7 %. Произведя анализ приведенных сведений, можно сделать вывод, что независимо от времени нахождения в эксплуатации 60,3 % автобусов марки МАЗ являются исправными по результатам первичной проверки технического состояния, а после устранения выявленных неисправностей более 75,0 % указанных транспортных средств были признаны исправными и получили разрешение на допуск к участию в дорожном движении.

Дополнительным негативным фактором, усугубляющим ситуацию с аварийностью, является изношенность автобусного парка страны. Около 8 % автобусов МАЗ эксплуатируется свыше 10 лет, т. е. за пределами амортизационных сроков. Для автобусов не отечественного производства этот процент увеличивается в разы и составляет: для КАВЗ – 73,17 %, для ЛАЗ – более 99,00 %. Результатом такого положения явилось то, что в 2011 г. в Республике Беларусь менее половины всех автобусов прошли технический осмотр [3].

Из диагностических карт, заполняемых при проведении проверок технического состояния и донесений, получены сведения о выявленных дефектах автобусов МАЗ (табл. 1), которые систематизировались по семи разделам диагностической карты.

Приведенные сведения свидетельствуют о том, что автобусы марки МАЗ при эксплуатации от 2 до 5 лет имеют в среднем 2,5 дефекта на одно транспортное средство. С увеличением времени нахождения автобусов в эксплуатации также возрастает и среднее значение дефекта на один автобус, а именно: на транспортные средства от 5 до 10 лет приходится в среднем 3,55 дефекта на один автобус; от 10 до 15 лет – 4,55; а старше 20 лет – всего 3,58 дефекта. Сделав анализ приведенных сведений, можно прийти к выводу, что автобусы марки МАЗ, независимо от времени нахождения в эксплуатации, имеют в среднем 3,56 дефекта на один автобус.

Таблица 1

**Распределение отказов и неисправностей
по деталям и узлам автобусов МАЗ**

Параметр диагностической карты	Доля отказов, %			
	От 2 до 5 лет	От 5 до 10 лет	От 10 до 15 лет	Старше 20 лет
101–110 – тормозные системы	47,01	30,03	33,07	25,59
201–204 – рулевое управление	2,15	3,71	5,75	2,33
301–309 – внешние световые приборы	21,36	21,73	22,59	25,59
401–403 – стеклоочистители	2,28	2,99	4,03	2,33
501–504 – колеса и шины	4,30	4,53	3,12	6,93
601–605 – двигатель	1,26	2,36	3,08	4,66
701–720 – прочие	21,64	26,65	28,36	32,57

Рассмотрим дефекты тормозных систем указанных автобусов (табл. 2). Превышения нормативных значений относительной разности тормозных сил колес рабочей тормозной системы занимают первое место. Второе место занимают отклонения от нормы удельной тормозной силы рабочей тормозной системы. Также имеются нарушения герметичности тормозной системы по норме давления воздуха в ресиверах тормозного привода, несоответствие требованиям состояния тормозных систем и недопустимые дефекты трубопроводов.

Результаты диагностирования большого количества автобусов МАЗ наиболее правильно отражают истинную картину технического состояния транспортных средств и позволяют дать оценку надежности их конструкций в целом по числу дефектов, приходящихся на одно транспортное средство, а также определить надежность составных элементов автобусов, имеющих влияние на безопасность движения.

Проведя анализ показателей надежности и дефектов тормозной системы, можно сделать вывод о ненадлежащей надежности тормозной системы в эксплуатации. Так, доля дефектов, приходящихся на тормозную систему, составляет более 36 % для автобусов МАЗ от общего числа дефектов.

На одном из автотранспортных предприятий города Минска было проведено исследование преждевременных возвратов с маршрутов движения автобусов МАЗ-103 и МАЗ-104. В связи с отказом тормозной системы количество возвратов автобусов с линии составляет 32,7 % от общего числа ранних возвратов.

Проанализируем основные причины возникновения отказов элементов тормозной системы и пневматического привода (табл. 3).

Одной из основных причин поломки компрессора является повышенная загрязненность воздушного фильтра двигателя внутреннего сгорания, а это приводит к износу поршневых колец и стенок цилиндра.

Таблица 2

Распределение дефектов тормозных систем автобусов МАЗ

Параметр диагностической карты	Доля дефектов, %			
	От 2 до 5 лет	От 5 до 10 лет	От 10 до 15 лет	Старше 20 лет
101 – относительная разность тормозных сил колес для рабочей тормозной системы	47,39	46,88	49,46	50,00
102 – удельная тормозная сила рабочей тормозной системы	29,94	39,18	47,67	25,00
103 – относительная разность тормозных сил колес для стояночной тормозной системы	19,27	19,92	21,51	8,33
104 – удельная тормозная сила стояночной тормозной системы	12,82	18,06	19,71	8,33
105 – герметичность пневматического тормозного привода	4,63	6,64	7,17	0
106 – герметичность гидравлического тормозного привода	0,08	0,27	0	0
107 – давление сжатого воздуха в пневмосистеме	0,08	0,40	0,36	0
108 – вспомогательная тормозная система	0	0	0	0
109 – манометр, система сигнализации	0,08	0	0	0
110 – состояние наружных элементов тормозных систем	3,31	3,59	4,66	0

**Распределение отказов и неисправностей по деталям и узлам тормозной системы
и пневматических аппаратов привода автобусов МАЗ-103 и МАЗ-104**

Наименование	Доля отказов в 2010 г., %			
	С 01.01 по 31.03 (зимнее время)	С 01.04 по 31.10 (летнее время)	С 01.11 по 31.12 (зимнее время)	С 01.01 по 31.12
Тормозные механизмы (барабаны, накладки, регулировочные рычаги и др.)	11,4–20,9	5,8–30,2	17,1–18,5	15,1
Компрессор	5,7–20,7	11,5–30,0	7,8–17,3	16,5
Пневмоаппараты	11,3–17,1	11,5–26,0	14,5–18,5	17,5
Ремень и натяжное устройство	11,0–26,2	13,0–26,6	14,5–16,1	20,1
Тормозные камеры	4,5–4,9	2,5–11,0	4,9–6,6	5,7
Пневморессоры	4,5–12,2	1,4–25,0	8,6–14,5	9,3
Трубка (шланг)	9,0–17,0	6,3–15,1	5,2–11,1	10,3
Воздушные баллоны	1,2–2,2	1,2	–	0,8
Замерзание пневмопривода	6,4–25,0	–	4,9–19,8	4,7

Результатом проведения неквалифицированного обслуживания в большинстве случаев является отказ элементов пневматического привода тормозной системы, из-за чего выйдут из строя резиновые уплотнительные элементы и трубопроводы. Отсутствие сезонного обслуживания совместно с очередным техническим обслуживанием при подготовке к эксплуатации в зимнее время приводит к замерзанию пневмопривода при низких температурах окружающей среды.

Произведем анализ отказов узлов тормозной системы. Недостаток консистентной смазки в узлах трения является причиной отказа вала S-образного разжимного тормозного кулачка. Тормозные камеры выходят из строя из-за поломки возвратной пружины или разгерметизации камеры. Повышенный износ фрикционных накладок и стенок тормозных барабанов является причиной отказа их в эксплуатации, а энергоаккумуляторы отказывают по причине неисправности уплотнения поршня.

В зависимости от природно-климатических условий эксплуатации доля отказов тормозной системы от общего числа отказов элементов автобуса составляет:

- в зимнее время – 32,2 %;
- в летнее время – 33,0 %;
- в среднем за год – 32,7 %.

Как отмечается в научных исследованиях отечественных и зарубежных ученых [4], безопасную работу тормозных систем лимитируют тормозные накладки. На их долю приходится наибольший процент отказов. Наименьший ресурс имеют неметаллические детали [5].

Ухудшения тормозной эффективности в эксплуатации вызываются увеличенными зазо-

рами между накладками и барабанами (износом фрикционных накладок), наличием масла, воды и грязи на их рабочих поверхностях, нарушением регулировки тормозного крана, гидравкумного усилителя или хода тормозной педали, внутренними утечками жидкости в главном тормозном цилиндре или усилителе [6]. При этом в большинстве случаев регулировка соответствующего узла позволяет восстановить требуемую тормозную эффективность [7].

Проведенный анализ позволил выявить основные причины изменения структурных параметров тормозной пневматической системы автобусов МАЗ, тормозного механизма и элементов антиблокировочной системы (ABS). Результаты анализа можно представить следующим образом.

Тормозной привод:

- попадание влаги в трубопровод пневматического привода способствует закупориванию трубопровода, особенно в зимнее время года;
- признаком разгерметизации и утечки воздуха является падение давления в системе;
- нарушение регулировки хода штока тормозных камер проявляется в запаздывании срабатывания тормоза;
- износ цилиндропоршневой группы или ослабление ремня привода компрессора приводит к падению давления в системе;
- нарушение регулировки полного или свободного хода педали двухсекционного тормозного крана проявляется в снижении рабочего давления в приводе, увеличении времени растормаживания колес;
- признаком поломки пружины предохранительного клапана регулятора давления является падение давления в системе.

Тормозной механизм:

- износ тормозных накладок, тормозного барабана, как правило, проявляется скрипом или заносом автобуса при торможении;
- признаком обрыва стержней пружин, как и заедание колодок, является заедание тормозов;
- увеличение зазора в паре «накладка – барабан» проявляется запаздыванием срабатывания тормоза;
- ослабление натяжения стержней пружины приводит к притормаживанию колеса при снижении давления;
- замасливание накладок, попадание влаги на колодки способствуют уменьшению тормозного момента;
- заедание деталей опорно-разжимного устройства проявляется притормаживанием колеса при снижении давления.

ABS:

- ослабление крепления магнитоэлектрического датчика динамического состояния колеса прослеживается преждевременным срабатыванием ABS;
- признаком запаздывания срабатывания электропневматических модуляторов является увеличение времени запаздывания на отработку команд;
- изменение порогов настройки электронного блока управления проявляется в преждевременном срабатывании ABS.

Внезапные отказы тормозной системы во время движения – прорывы диафрагм тормозных камер, обрывы шлангов и т. д. – приводят к особенно тяжелым последствиям. Однако эти внезапно проявляющиеся отказы в большой степени развиваются под влиянием определенных неисправностей агрегатов тормозной системы (компрессор, регулятор давления, двухсекционный тормозной кран, двухмагистральный защитный клапан и т. д.). Своевременное выявление и устранение их неисправностей, в свою очередь, позволит предотвратить внезапные отказы тормозов.

ВЫВОДЫ

1. Основным элементом автотранспортного средства, обеспечивающим активную безопасность при торможении, является тормозная система. Для соответствия тормозной системы автотранспортных средств требованиям стандартов по эффективности торможения и их устойчивости необходимо поддержание тормозного привода и тормозных механизмов в технически исправном состоянии.

2. Доля исправных автобусов марки МАЗ (по результатам первичной проверки технического состояния) 60,5 % – недопустимо мала, что является дополнительным негативным фактором, усугубляющим ситуацию с аварийностью, не способствует совершенствованию системы обеспечения безопасности транспортной деятельности и не гарантирует безопасности пассажирских перевозок в Беларуси.

3. Доля дефектов более 36,0 %, приходящихся на тормозную систему (при прохождении государственного технического осмотра), и доля отказов тормозной системы 32,7 % (при преждевременном возвращении с маршрутов движения автобусов МАЗ) являются большими и недопустимыми, так как в конечном итоге служат предпосылками к увеличению дорожно-транспортных происшествий на дорогах.

4. С целью уменьшения и недопущения дефектов и отказов тормозной системы автобусов марки МАЗ рекомендуется проведение следующих мероприятий:

- обеспечить выполнение сезонного обслуживания автобусов предприятиями и организациями всех форм собственности, занимающимися перевозками пассажиров;
- предусмотреть проведение углубленного диагностирования тормозных систем с целью выявления локальных неисправностей элементов пневмопривода;
- обеспечить обучение обслуживающего персонала, выполняющего работы по техническому обслуживанию и поиску локальных неисправностей тормозных систем, по применению современного диагностического оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Осипов, Г. В.** Метод диагностирования тормозных механизмов автомобиля: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Г. В. Осипов. – Тюмень, 2004. – 145 л.
2. **Аналитический** сборник. Основные показатели за 2010 год [Электронный ресурс]. – Электрон., текстовые дан. (15,4 МБ). – Минск: Республиканское унитарное сервисное предприятие «БЕЛТЕХОСМОТР», 2011. – 1 электрон. опт. диск (PDF).
3. **Актуальные** новости одной строкой // Аргументы и факты в Беларуси. – 2012. – № 11 (219). – С. 14.
4. **Berechnung** im Automobilbau: 5. Intern. Kongress, Wurzburg, 1–3 Okt. 1990 / VDI – Ges. Fahrzeugtechnik. – Dusseldorf: VDI – Verl., 1990. – 949 p.
5. **Лекиашвили, В.** Надежность тормозных систем / В. Лекиашвили // Автомобильный транспорт. – 1977. – № 9. – С. 37.
6. **Белодедов, А. М.** Исследование аварийности и повышение безопасности дорожного движения в Ленинграде и области: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03 / А. М. Белодедов. – Л., 1978. – 236 л.
7. **Вонг, Дж.** Теория наземных транспортных средств / Дж. Вонг; пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1982. – 284 с.

Поступила 05.04.2012